UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



INFORME CIENTÍFICO

TEMA:

SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL CULTIVO ARTESANAL DE MORA

AUTOR: DIEGO ARMANDO GUAMÁN GUAMÁN

DIRECTOR: ING. HÉCTOR SILVA G.

IBARRA – ECUADOR

SEPTIEMBRE 2014

Sistema de riego por aspersión para el cultivo artesanal de mora

Diego Armando Guamán Guamán

Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

Ibarra, Ecuador

diego_arm19@hotmail.com

diego.arm19@gmail.com

Resumen – El trabajo que se detalla a continuación, tiene la finalidad de ofrecer un método de fácil aplicación y mayor eficiencia en las labores de riego que tienen los agricultores artesanales de mora. La plantación se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, parroquia Caranqui sector barrio San Diego. El proyecto promueve el adecuado manejo del agua, mediante un sistema de riego por aspersión tecnificado, a través de la integración de elementos hidráulicos, eléctricos y de control que facilitan la irrigación en las plantas. El diseño y la implementación del sistema que se expone a continuación se fundamentan en parámetros agronómicos de evapotranspiración del cultivo de mora y en los requerimientos de agua que tiene este tipo de plantación.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años se viene dando una gran preocupación debido al mal manejo del agua; sobre todo en el área de riego, es por esto que en la actualidad se impulsa desde el gobierno el uso de sistemas tecnificados que mejoren la eficiencia del riego para disminuir la cantidad de agua empleada en estas tareas. Dentro de este tipo de sistemas los más difundidos son el riego por aspersión y goteo; estos dos métodos pueden ofrecer entre el 80 y 95% de eficiencia, es por eso que cualquiera de estos se puede aplicar tanto a grandes extensiones de cultivos como a pequeños productores artesanales.

En nuestro país existe una gran cantidad de pequeños agricultores que se dedican al cultivo artesanal de mora; sobre todo en la zona interandina del Ecuador, pero, al no tener métodos de riegos eficientes la mayoría de estos agricultores disminuyen su producción, sobre todo en épocas de sequía.

El presente trabajo, comprende el diseño y la implementación de un sistema de riego por aspersión que permite satisfacer las necesidades hídricas de un cultivo de mora de aproximadamente 850m^2. Para cumplir con esta demanda el sistema se diseña para trabajar con agua proveniente de la acequia de riego CARIYACU.

1. SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN

1.1 TIPOS DE SISTEMA POR ASPERSIÓN

Estos sistemas pueden clasificarse de distintas formas, pero la forma más conveniente puede ser considerando la estructura de instalación; según esto se clasifican en: estacionarios y de desplazamiento continuo.

- Estacionarios: Permanecen inmóviles durante el periodo de riego. Dentro de estos se puede identificar principalmente los sistemas fijos, semifijos y móviles.
- De desplazamiento continuo: Se encuentran en movimiento durante el periodo de riego. Dentro de estos se puede identificar principalmente los sistemas pivotantes, laterales de avance frontal y cañones enrolladores.

1.2 CRITERIOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

Los criterios agronómicos e hidráulicos son la base primordial en la instalación de un sistema de riego por aspersión, son de gran importancia, ya que permiten una buena implementación y un buen funcionamiento del mismo.

- Criterio agronómico: Tiene el objeto de ofrecer un riego capaz de suministrar la cantidad adecuada de agua para el cultivo; toma principalmente en cuenta: el tipo de suelo, cultivo, área de plantación, clima y las necesidades de agua de la planta.
- Criterio hidráulico: Determina las características de todos los elementos necesarios para la instalación del sistema de riego. Estos componentes deben dotar la suficiente agua en todas las etapas de desarrollo de las plantas. En el riego por aspersión también deben dotar de agua de riego en forma de lluvia suficiente y uniforme en toda la superficie del cultivo.

1.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Un factor importante para el correcto funcionamiento de un sistema de riego por aspersión son sus componentes, estos deben trabajar de una forma adecuada para lograr una mayor eficiencia al momento de aplicar el riego. A continuación se detallan los principales componentes del sistema:

1. Fuente de abastecimiento de agua: Pueden ser ríos, acequias estanques o cualquier otra fuente que suministre la cantidad de agua necesaria para el riego.
2. Desarenador: Es el primer componente para la captación de agua, está destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en los canales de riego y ríos.
3. Equipo de bombeo: Es la fuente de energía hidráulica que suministra el suficiente caudal a una adecuada presión para el correcto funcionamiento de los aspersores.
4. Filtros hidráulicos: Sirven para entregar al sistema un fluido libre de impurezas que puedan deteriorar los elementos de la etapa de bombeo, además evitan obstrucciones en los accesorios de una instalación hidráulica.
5. Electroválvulas: Son dispositivos diseñados para abrir y cerrar el flujo de un fluido en conductos cerrados que generalmente son tuberías.
6. Tuberías: En los sistemas de riego por aspersión, las tuberías son los componentes que llevan el agua desde la salida de la bomba hasta los aspersores.
7. Aspersores: Son los dispositivos encargados de la distribución del agua de riego en forma de lluvia, con un alto grado de uniformidad y una pulverización adecuada en el chorro.
8. Dispositivos electrónicos programables: Son componentes que se utilizan en métodos de riego tecnificados; sirven para controlar el funcionamiento de todo el sistema. Permiten controlar tiempos de riego, horas de encendido o apagado y otras funciones que se puede integrar al programador de acuerdo a las necesidades del cultivo.

1.4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

1.4.1. VENTAJAS DEL SISTEMA

- Se consigue regar terrenos ondulados o con demasiada pendiente sin necesidad de una nivelación. Además se reduce el costo de mano de obra que se necesita para la aplicación del riego.
- Se aprovecha más la superficie de cultivo ya que no hay que destinar parte del suelo a canales y acequias; porque el agua se conduce por tuberías.
- Es una forma de riego que se adapta muy bien a las primeras fases de desarrollo de los cultivos, donde son necesarios riegos ligeros pero frecuentes. Además se puede utilizar para proteger al cultivo contra heladas y temperaturas excesivas que reducen la producción.
- Es un método eficaz para realizar un lavado de sales que se encuentren en la parte superficial del suelo.
- Se elimina el riesgo de erosión en el suelo ya que se consigue una alta uniformidad en la aplicación, también se evita la pérdida de agua por percolación profunda.

1.4.2. INCONVENIENTES DEL SISTEMA

- Se genera un al alto valor económico en instalaciones iniciales, dependiendo del tipo de riego por aspersión que se instale; también se dan altos costos en el mantenimiento.
- No se puede aplicar cuando se produce fuertes vientos ya que distorsiona la dispersión del agua generando una mala uniformidad en la irrigación.
- Puede tener efectos negativos sobre las hojas, flores y frutos, ya que al humedecerse la parte aérea de las plantas aumenta el riesgo de desarrollo de enfermedades.
- El agua debe ser limpia y sin grandes cantidades de sales, porque algunas plantas pueden sufrir quemaduras en las hojas.

2. DISEÑO Y PARÁMETROS DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

2.1. CONSIDERACIONES GENERALES DEL SISTEMA DE RIEGO

El proyecto se encuentra ubicado en el barrio San Diego, Parroquia Caranqui, del Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura. Cuenta con un potencial hídrico de la acequia "CARIYACU" OVALO LA ESPERANZA, con una disposición de una hora de agua de riego por semana. Los caudales que presenta esta acequia son muy variantes, pero, el caudal útil mínimo para el riego esta alrededor de 1.67 lt/s. El área total del terreno es de 1222.34m2 y el área de cultivo de mora (variedad brazos) es de 852.36m2 aproximadamente con una textura de suelo arenoso-arcilloso.

2.1.1. PARÁMETROS DE RIEGO

Primeramente se calcula la evapotranspiración del cultivo (ETc) bajo condiciones estándar según la fórmula propuesta por el estudio de la FAO-56, 2006.

$$ETc = ETo * Kc \qquad (1)$$

La evapotranspiración de referencia (ETo) es un parámetro relacionado con el clima y expresa el poder evaporante de la atmósfera.

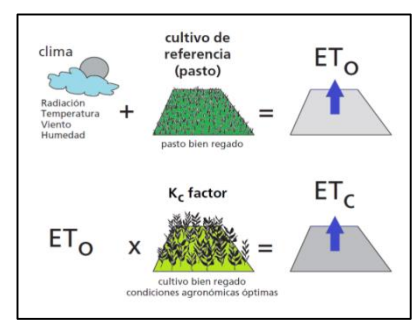


Figura 1: Evapotranspiración del cultivo

Para el cálculo de la ETo y Kc se realiza mediante el software CROPTWAT de la FAO, el promedio de los anuarios meteorológicos de la estación Otavalo del INAMHI y los datos del cultivo de mora del estudio FAO-56, 2006.

País	Ecuador				Estación	Otavalo	
Altitud	2550 m.		Latitud	0.24 °N		Longitud	78.25 °W

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	8.8	21.5	82	0.3	8.5	21.8	3.70
Febrero	8.9	21.6	81	0.4	8.5	22.6	3.86
Marzo	8.9	21.9	81	0.3	8.7	23.2	3.97
Abril	9.6	21.8	83	0.3	8.3	21.9	3.77
Mayo	8.7	22.1	81	0.3	8.9	21.6	3.65
Junio	8.2	21.1	80	0.4	8.7	20.6	3.39
Julio	7.4	21.6	77	0.5	9.4	21.8	3.57
Agosto	7.4	22.1	74	0.5	9.7	23.4	3.89
Septiembre	7.0	22.6	73	0.6	10.1	24.9	4.19
Octubre	8.4	22.8	78	0.5	9.5	24.1	4.11
Noviembre	8.7	22.3	81	0.3	9.0	22.7	3.86
Diciembre	9.4	21.7	84	0.3	8.3	21.2	3.62

Tabla 1: Calculo de evapotranspiración del cultivo

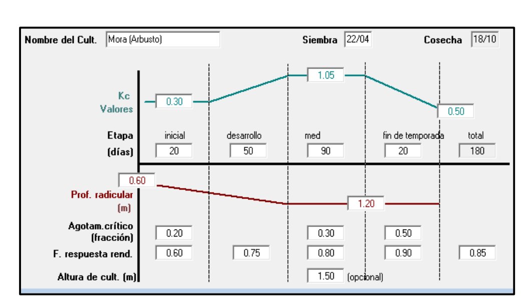


Figura 2: Curva Kc de la mora

Como la planta de mora (variedad brazos) es perenne y tiene raíces ramificadas en profundidades entre 40 a 50 cm, se toma el valor de Kc igual a 0.5 y la evapotranspiración de septiembre con 4.19mm/día que es el mes más crítico para el cultivo.

$$ETc = 2.1\ mm/dìa \qquad (2)$$

El valor de la ETc indica que el cultivo de mora, requiere una lámina de 2.1 mm de agua por día repartida uniformemente en el área cultivada. Esta lámina debe ser proporcionada a través de la lluvia natural o del riego.

2.1.1.1. REQUERIMIENTO DE AGUA DEL CULTIVO (REQ)

Es la lámina de agua adicional por día que necesita el cultivo. Para el cálculo se basa en el tipo de riego empleado; en este caso es el riego por aspersión.

$$Req = \frac{ETc - PE}{Eficiencia} \qquad (3)$$

La precipitación efectiva (PE) se refiere a la fracción de volumen hídrico aprovechado por la planta del total de las lluvias. Para el cálculo de la PE también se utiliza el software CROPWAT y los datos de precipitación de los anuarios meteorológicos.

Estación	Otavalo	Método Prec. Ef	Método USDA S.C.

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	83.8	72.6
Febrero	84.9	73.4
Marzo	134.1	105.3
Abril	130.4	103.2
Mayo	125.1	100.1
Junio	63.0	56.6
Julio	31.0	29.5
Agosto	27.7	26.5
Septiembre	39.4	36.9
Octubre	29.4	28.0
Noviembre	133.5	105.0
Diciembre	85.6	73.9
Total	967.9	810.9

Tabla 2: Calculo de la precipitación efectiva

Como la mayor evapotranspiración se encuentra en septiembre, el valor de la precipitación efectiva para este mes es de 36.9 mm por mes (1.23 mm/día).

Puesto que se aplicará un sistema de riego por aspersión, se utiliza la eficiencia mínima que tiene este tipo de riego que es el 70%.

$$Req = 1.24\ litros/m^2/día \qquad (4)$$

Como el área de riego es de 850m² aproximadamente, se necesita un total de 1.054 m³/día para suplir las necesidades hídricas del cultivo.

2.1.1.2. INTERVALOS DE RIEGO

Como el control de riego es manual, se tiene tres intervalos de riego disponibles de operación por semana. A continuación se muestra la tabla de intervalos de riego y el volumen de agua requerido.

Intervalo en días	Volumen por intervalo	Volumen por semana	Riegos por semana
7	7.378 m³	7.378 m³	1
3	3.162 m³	6.324 m³	2
2	2.108 m³	6.324 m³	3

Tabla 3: Intervalos de riego

2.1.1.3. TIEMPOS DE RIEGO

Tomando en cuenta de no provocar daño a la planta en la etapa de floración, pero ofreciendo una adecuada irrigación en todas las etapas del cultivo: se opta por aplicar un tiempo máximo de 192 minutos para el intervalo de siete días, mientras que los tiempos restantes se rigen al caudal que se maneja en este intervalo.

Intervalo en días	Volumen por intervalo	Caudal (m^3/h)	Tiempo (min.)
7	7.378 m^3	2.3	192
3	3.162 m^3	2.3	82
2	2.108 m^3	2.3	55

Tabla 4: Tiempos de riego

2.1.2.SELECCIÓN DE ASPERSORES

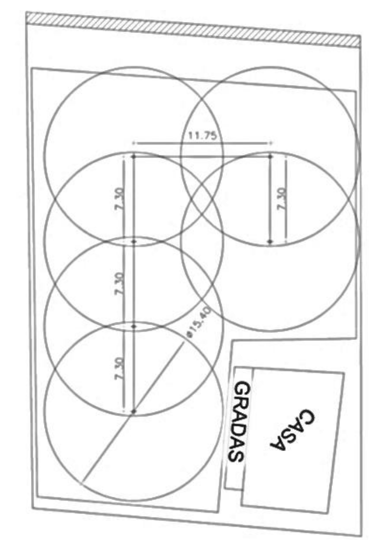


Figura 3: Distribución de aspersores

El aspersor a utilizar es un "X CEL WOBBLER", es apropiado ya que tienen un ángulo de cobertura de 360 grados, además trabaja a bajas presiones y no produce maltrato a las plantas.

2.1.3.DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE RESERVORIO

Para estas medidas se toma en cuenta el caudal requerido para llenar un tanque reservorio de $8m^3$. Como se tiene una hora de agua cada semana se debe trabajar con un caudal de $8m^3$ / hora. Para dimensionar se considera que el reservorio es de base cuadrada sin tapa y se desprecia el espesor del material de construcción. Para establecer estas dimensiones se fundamenta en los criterios de optimización de material; esto implica en minimizar o maximizar el valor de una variable. La ecuación 5 muestra la representación del área total del tanque en función de una sola variable

$$A(x) = x^2 + 4x\left(\frac{8}{x^2}\right) = x^2 + 32x^{-1} \quad (5)$$

A partir de esta ecuación, se determina el valor mínimo absoluto aplicando los criterios de la primera y segunda derivada.

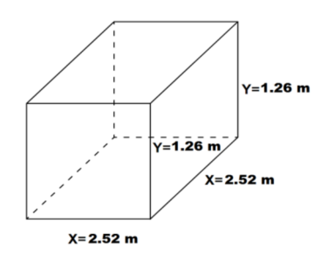


Figura 4: Dimensiones del tanque reservorio

2.1.4.DIMENSIONAMIENTO DEL DESARENADOR

Al igual que el tanque reservorio, el desarenador se dimensiona de acuerdo al caudal requerido de 8m3/hora, además se toma en cuenta el canal de entrada de agua de 0.3 y 0.2 metros de base y altura, respectivamente, la base (b) del desarenador será de 0.5 metros.

$$Q = V * A \quad (6)$$

$$V_0 = \frac{Q}{Ac} \quad (7)$$

Velocidad inicial con que entra la partícula al desarenador.

$$V_0 = \frac{0.0022 m^3/seg}{0.06\, m^2} = 0.036\ m/seg \quad (8)$$

$$L = V_0 * t \quad (9)$$

A partir de la ecuación 9 se encuentra la longitud del desarenador

$$l = 0.037\, m/seg * 60\ seg = 2.20m \quad (10)$$

Velocidad critica para la sedimentación de las partículas.

$$V_{sc} = \frac{Q}{A_d} = \frac{0.0022}{1.1} = 0.002\, m/seg \quad (11)$$

La altura se calcula para un tiempo de sedimentación de 60 segundos y para una mejor eficiencia se incrementa la altura (h) en 10% por metro de longitud del desarenador

$$h = V_{sc} * t = 0.002 * 60 = 0.12m \quad (12)$$

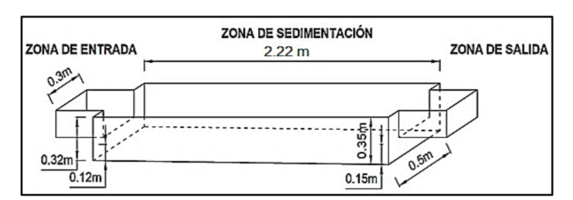


Figura 1: Dimensiones del desarenador

2.2. DISEÑO DE LA RED DE TUBERÍAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DE RIEGO

Para el diseño de la red de tuberías primeramente se tiene en cuenta que es un sistema de riego fijo, es decir que las tuberías principales, secundarias y aspersores deben estar fijos.

2.2.1. DIÁMETRO DE TUBERÍA PRINCIPAL

Se parte del caudal de diseño de 2.3 m3/h (0.000639 m3/seg). La ecuación 13 muestra la velocidad en función del diámetro.

$$V = \frac{0.000813}{D^2} \quad (13)$$

La siguiente tabla muestra las velocidades que se pueden dar con los diámetros de las tuberías comerciales.

Diámetro nominal	Espesor nominal	Diámetro interior	Velocidad (m/seg)
20 mm	1.5 mm	0.017 mm	2.8
25 mm	1.5 mm	0.022 mm	1.68
32 mm	1.5 mm	0.029 mm	1

Tabla 5: Velocidades en tuberías comerciales

Por cuestiones de reducir pérdidas por fricción se trabaja con el diámetro nominal de 32 mm el cual tendrá un caudal de 2.3 m^3/h con una velocidad de 1 m/seg.

2.2.2. PÉRDIDAS PRIMARIAS EN LA TUBERÍA PRINCIPAL

Se producen porque el fluido sufre rozamientos con las paredes de la tubería. Para determinar estos valores, se realiza mediante la ecuación general de pérdidas primarias de Darcy - Weisbach.

$$Hrp = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \quad (14)$$

Para calcular el coeficiente de Darcy (f) se realiza con la ecuación de Blasius. Esta se utiliza en tuberías consideradas lisas y con números de Reynolds entre 3000 y 100000.

$$f = 0.316/_{Re^{0.25}} \quad (15)$$

El número de Reynolds indica si el fluido se encuentra en flujo laminar o turbulento; según este valor se tiene que: si Re< 2000, el flujo es laminar, si Re> 4000, el flujo es turbulento y si Re se encuentra entre 2000 y 4000, se dice que el flujo está en una región crítica. Para su cálculo se utiliza la siguiente formula.

$$Re = \frac{VDp}{n} = \frac{VD}{v} \quad (16)$$

Con estas fórmulas y los datos de la velocidad, diámetros, longitudes, densidad y la viscosidad del fluido se tienen los siguientes resultados:

$$Re = \frac{1*0.029}{1.15*10^{-6}} = 25217.4 = 2.52174*10^4 \quad (17)$$

$$f = 0.316/_{25217.4^{0.25}} = 0.025 \quad (18)$$

$$Hrp = 0.025*\frac{31}{0.029}*\frac{1}{2*9.81} = 1.36\ m.c.a \quad (19)$$

2.2.3. PERDIDAS SECUNDARIAS EN LA TUBERÍA PRINCIPAL

Estas pérdidas se deben a los accesorios que tienen las tuberías para producir cambios de sección y de dirección; para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación.

$$Hrs = (Z1 + Z2 + Z3 \dots\dots\dots Zn)\frac{V^2}{2g} \quad (20)$$

Accesorio	Cantidad	Factor Z	Factor *f*
Válvula de pie	1	75*f*	0.025
Electroválvula	2	340*f*	0.025
Codo de 90º	5	30*f*	0.025
Tés	2	60*f*	0.025
Unión	5	0.08	-
Filtro de discos	1	0.60 psi =0.42 m.c.a	

Tabla 6: Accesorios en la tubería principal

$$\boldsymbol{Hrs = (26)*0.051+0.42 = 1.74\ m.c.a}$$
(21)

2.2.4. CAUDALES EN LAS TUBERÍAS SECUNDARIAS

Para el cálculo del caudal de las ramas se basa en el método de Hardy Cross para redes de tuberías en paralelo.

$$\Delta = -\frac{\Sigma(LH)}{n\Sigma(LH/Q_0)} \quad (22)$$

PRIMERA ITERACIÓN						
L (m)	Q_0 (lt/s)	S supuesto	LH (m)	LH/Q_0	Δ (lt/s)	Q_i (lt/s)
22.7	0.30	0.12	2.72	8.99	-0.02	0.27
18.2	-0.33	0.11	-2.00	5.97	-0.02	-0.36
	∑=0.63		∑=0.71	∑=14.9		∑=0.63
$\Delta = -\frac{0.7165}{(1.85)(14.96)} = -0.0259$ $Q_{i1} = 0.303 - 0.0259 = 0.2771$ $Q_{i2} = -0.336 - 0.0259 = -0.3619$						
SEGUNDA ITERACIÓN						
L (m)	Q_0 (lt/s)	S supuesto	LH (m)	LH/Q_0	Δ (lt/s)	Q_i (lt/s)
22.7	0.27	0.14	3.17	11.46	-0.002	0.27
18.2	-0.36	0.17	-3.10	8.57	-0.002	-0.36
	∑=0.63		∑=0.07	∑=20.04		∑=0.63
$\Delta = -\frac{0.0755}{(1.85)(20.042)} = -0.00204$ $Q_{i1} = 0.2771 - 0.00204 = 0.27506$ $Q_{i2} = -0.3619 - 0.00204 = -0.36394$						
TERCERA ITERACIÓN						
L (m)	Q_0 (lt/s)	S supuesto	LH (m)	LH/Q_0	Δ (lt/s)	Q_i (lt/s)
22.7	0.275	0.14	3.17	11.55	-0.002	0.275
18.2	-0.363	0.17	-3.17	8.72	-0.002	-0.363
	∑=0.63		∑=0.001	∑=20.28		∑=0.63
$\Delta = -\frac{0.001}{(1.85)(20.283)} = -0.0000266$ $Q_{i1} = 0.27506 - 0.0000266 = 0.2750334$ $Q_{i2} = -0.36394 - 0.0000266 = -0.363966$						

Tabla 7: Caudales en la tubería secundaria

Los caudales que circulan por la tubería secundaria son los valores de la tercera iteración.

$$Q_1 = 0.275 \quad (23)$$
$$Q_2 = 0.364 \quad (24)$$

2.2.5. DIÁMETROS DE TUBERÍAS SECUNDARIAS

Estas se calculan de la misma forma que se calculó en la tubería principal, pero con los caudales encontrados para cada rama.

Rama 1: $V = \frac{0.000350}{D^2}$ (25)

Rama 2: $V = \frac{0.000463}{D^2}$ (26)

Diámetro nominal	Espesor nominal	Diámetro interior	Velocidades (m/seg)
20 mm	1.5 mm	0.017 mm	1.21 - 1.60
25 mm	1.5 mm	0.022 mm	0.72 - 1.00
32 mm	1.5 mm	0.029 mm	0.42 - 0.50

Tabla 8: Velocidades para la tubería secundaria

Por conservar la velocidad de la tubería principal y considerando las dos ramas de igual diámetro; 25mm será el diámetro de trabajo.

2.2.6. PÉRDIDAS PRIMARIAS EN TUBERÍAS SECUNDARIAS

Se encuentran en base a la ecuación de Hazen–Williams

$$V = 0.85 * C * R^{0.63} * S^{0.54} \quad (27)$$

A partir de la ecuación 27 se despeja la siguiente expresión:

$$Hrp = L\left[\frac{Q}{0.85 * A * C * R^{0.63}}\right]^{1.852} \quad (28)$$

Rama 1: $Hrp = 0.68\ m.c.a$ (29)

Rama 2: $Hrp = 1\ m.c.a.$ (30)

2.2.7. PÉRDIDAS SECUNDARIAS EN LAS TUBERÍAS DE LAS RAMAS

Se calculan a partir de la ecuación 20, pero con los accesorios que tenga cada rama.

Rama 1			
Accesorio	**Cantidad**	**Factor Z**	**Factor *f***
Codo de 90º	5	30*f*	0.0292
Tés	2	60*f*	0.0292
Unión	3	0.08	
Reducción	1	0.10	
Rama 2			
Accesorio	**Cantidad**	**Factor Z**	**Factor *f***
Codo 90º	1	30*f*	0.0269
Tés	2	60*f*	0.0269
Unión	3	0.08	
Reducción	1	0.10	

Tabla 9: Accesorios en tuberías secundarias

$$Hrs(rama\ 1) = 0.22\ m.c.a \quad (31)$$
$$Hrs(rama\ 2) = 0.22\ m.c.a \quad (32)$$
$$Hrs(total) = 0.44\ m.c.a \quad (33)$$

2.2.8. CÁLCULO DEL ESPESOR DE TUBERÍAS

Para calcular el espesor se utiliza la ecuación 34. Indica el grosor que debe tener la tubería.

$$e \geq \frac{P * D}{230 * K * Z + P} + C \quad (34)$$

Tanto para la tubería principal y secundaria se obtiene el resultado de:

$$e \geq 1.00mm \quad (35)$$

Por lo tanto las tuberías comerciales son aptas para trabajar en el sistema.

2.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO

Para la selección de la bomba se tiene que la altura manométrica total del sistema es de 24.22m.c.a y requiere un caudal de 2.3 m3/h.

La potencia necesaria se calcula con la siguiente ecuación.

$$Pb = \frac{Qb*Hb}{76*n} \quad (36)$$

$$Pb = \frac{0.639*24.22}{76*0.70} = 0.3\ HP \quad (37)$$

2.4. DISEÑO DEL CONTROL DE NIVEL DEL AGUA DE RIEGO

Se basa en los sensores de nivel tipo flotadores instalados en el tanque.

Nombre	Altura	Área	Volumen	Tiempo
Sensor 4	1.25 m	6.3 m^2	7.87 m^3	7 días
Sensor 3	0.60 m	6.3 m^2	3.78 m^3	3 días
Sensor 2	0.40 m	6.3 m^2	2.53 m^3	2 días
Sensor 1	0.00 m	6.3 m^2	0 m^3	-

Tabla 10: Volúmenes de agua censados

2.5. SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PROGRAMABLE.

Como mejor elección se opta por trabajar con un relé lógico programable (PLR) el cual es similar a un PLC, pero de una gama menor. Este dispositivo es el encargado de activar o no el tiempo seleccionado por el usuario; esto depende del nivel de agua que se tenga en el tanque.

Las funciones del PLR en el sistema de riego se basan en un control de lazo abierto. Es considerado como lazo abierto, porque trabaja en función de tiempos.

3. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1. OPERACIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El sistema trabaja mediante tiempos y zonas de riego definidos por el usuario. La selección de estas variables depende del nivel de agua que se tenga, para esto, los tres sensores ubicados en el tanque sirven para determinar los tiempos que se puede seleccionar. Además se tiene el sensor de nivel bajo de agua, cuando se tenga esta señal el sistema se detiene para garantizar la seguridad de los componentes de la etapa de bombeo.

3.2. PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PROGRAMABLE

Como se utiliza un PLR, uno de los más utilizados es el LOGO! de Siemens. Por lo tanto este es el dispositivo a utilizarse; es de tipo 12/24 RC y además se incorporará los módulos necesarios para programar todos los parámetros de riego.

3.2.1. PARÁMETROS DEL PROGRAMA

- Etapa de encendido: toma en cuenta el estado del sensor situado en el nivel cero del tanque y considera si el paro de emergencia se encuentra activado. Si el sensor no envía ninguna señal o el paro de emergencia está activado, el sistema no se enciende.
- Señales de los sensores de nivel: dependiendo de estas se puede fijar el tiempo de riego, caso contrario se activa una salida de error. También se considera el estado del botón de paro de emergencia; si se activa se suspenden todas las funciones del sistema. Para fijar otra condición, se debe desactivar el paro de emergencia y el sistema debe encenderse nuevamente para ejecutar otro tiempo de riego.

3.3. TABLERO DE CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

El tablero de control es la parte de interfaz, mediante pulsadores, entre el sistema de riego y el usuario, permite la activación o finalización del riego e indica los parámetros que se están ejecutando mediante indicadores visuales. Además se encarga de alojar los dispositivos de conexión, control (PLR y sus módulos), maniobra y protección. Estos dos últimos se encargan del control del circuito de potencia del sistema y permiten un correcto funcionamiento de la parte eléctrica.

3.4. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

La instalación del sistema de riego por aspersión se realiza de acuerdo a la siguiente descripción.

- Construcción de obra civil
- Instalación de componentes hidráulicos
- Instalación del sistema de control

4. PRUEBAS Y AJUSTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Las pruebas y ajustes del sistema, se realizan para comprobar y poner en correcto funcionamiento los parámetros establecidos en el diseño hidráulico y de control. Los parámetros que se verifican y ajustan son:

- Presión en la bomba
- Presión en los aspersores
- Volumen de aspersión
- Corriente nominal de funcionamiento
- Parámetros del programa de control

5. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

El análisis del costo de implementación se realiza para conocer la factibilidad en implementar el sistema de riego por aspersión. Para el correcto análisis se divide en costos directos e indirectos.

5.1. COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Detalle	Valor (USD)
Costo de material de obra civil	470.75
Costo de material hidráulico	349.25
Costo de material eléctrico	680.39
Costo de mano de obra	500.00
Costo de materiales varios	49.25
TOTAL	**2049.64**

Tabla 11: Costo total directo

Detalle	Meses	Valor/U (USD)	Subtotal (USD)
Agua	1	6.00	6.00
Luz	3	3.00	9.00
Teléfono	5	2.00	10.00
Asesorías	1	15.00	15.00
		TOTAL	**40.00**

Tabla 12: Costo total indirecto

5.2. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Detalle	Valor (USD)
Costo directo del proyecto	2049.64
Costo indirecto del proyecto	40.00
TOTAL	**2089.64**

Tabla 13: Costo total del proyecto

5.3. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Se realiza de acuerdo al análisis de producción del riego por surcos y aspersión en los años 2013 y 2014 respectivamente.

Detalle	Ganancia neta anual
Riego por surcos	2061.00 USD
Riego por aspersión	3127.26 USD
Ganancia adicional	**1066.26 USD**

Tabla 14: Utilidades con los dos métodos de riego

$ 260.61 Ganancia	1 mes
$ 2089.64 Costo de instalación	8.01 meses
Tiempo de recuperación de la inversión = 8 meses	

Tabla 15: Periodo de recuperación de la inversión

5.4. RAZÓN BENEFICIO – COSTO

$$\frac{Feneficio}{Costo} > 1 \ (Proyecto\ aceptable) \quad (38)$$

$$\frac{3127.26}{2089.64} = 1.5 > 1 \quad (39)$$

Como la razón beneficio – costo es mayor que la unidad, el proyecto es aceptable porque esto significa que el beneficio es de $1.5 por cada dólar invertido.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El presente trabajo es un sistema de riego por aspersión tecnificado, este ofrece al agricultor una optimización del agua de riego, reduciendo la mano de obra empleada y mejorando los ingresos económicos para el propietario.

- Cuando el sistema se encuentra en funcionamiento permite aplicar una lámina de agua adecuada para el cultivo de mora, dependiendo del tiempo seleccionado, el agricultor sabrá el intervalo de tiempo de la siguiente aplicación del riego.

- La operación del sistema es muy sencilla para el operador, al ser un sistema tecnificado solo se debe de presionar los botones de mando y se ejecutara el riego; el apagado es automático por lo que el tiempo empleado es muy corto con respecto al riego por surcos que se utilizaba anteriormente.

- Como el área de irrigación no es demasiada grande se trabaja con aspersores de baja presión. Al trabajar con este tipo de aspersores se logra reducir los costos, principalmente en la etapa de bombeo, consiguiendo un adecuado alcance de aspersión.

- La introducción de dispositivos programables al campo de la agricultura genera grandes ventajas, pues, en ellos se puede programar los tiempos de riego de acuerdo a las necesidades del cultivo.

- Según las pruebas realizadas el sistema es muy confiable, esto se debe a que todo el funcionamiento del sistema se basa en el programa que se ejecuta en el relé programable LOGO!

- Los costos que se generan en la tecnificación del riego implican una elevada inversión inicial, pero, según el análisis de beneficio costo, es una inversión a largo plazo porque aumenta la producción de moras sobre todo en temporadas secas, esto permite la recuperación del costo inicial en un tiempo adecuado para el agricultor.

RECOMENDACIONES

- El diseño de este sistema se implementó en base a las características propias del cultivo de mora. Para la aplicación en otros cultivos será necesario rediseñar el sistema en base a las condiciones que requiera el mismo.

- Se recomienda promover y capacitar a cerca de los sistemas de riego tecnificados, sobre todo en cultivos artesanales donde se practican formas de riego poco eficientes que generan un gran desperdicio del agua.

- Para el buen funcionamiento del sistema se recomienda seguir todas las indicaciones descritas en el manual de usuario adjunto en el Anexo 1.

- Antes de instalar cualquier tipo de riego tecnificado se debe realizar un estudio agronómico, esto sirve para conocer la cantidad de agua y el tipo de riego que necesita el cultivo.

- Se debe instalar los componentes necesarios para que el sistema tecnificado funcione de una excelente forma. Al ser métodos que trabajan con agua de acequias que acarrean sedimentos; se debe instalar los filtros necesarios para limpiarla y no dañar los componentes del sistema.

- Para una buena eficiencia en los sistemas de riego por aspersión se recomienda programarlos durante las últimas horas de la tarde o noche, de esta forma se evita las pérdidas de agua por evaporación o por distorsión a causa del viento.

- Como los sistemas de riego tecnificados involucran varias áreas como la agronomía, hidráulica, electricidad y control, se debe tener un asesoramiento para tener sólidos conocimientos para aplicarlos al momento de ejecutar el diseño.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Balairón, L. (2008). Tuberías de Polietileno. Manual técnico. Madrid-España: AENOR.
[2] Bonilla, J. L., & Hidrobo, F. O. (2011). “Diseño de un sistema de turbobombéo y riego por aspersión en la Comunidad de San Francisco de Cunuguachay”. Riobamba-Ecuador: Tesis de Grado, FACULTAD DE MECÁNICA – ESPOCH
[3] Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones. México: McGraw-Hill.

[4] Fernández, P., & Fernández, N. (2003). Montaje e instalación de cuadros de maniobra y control. España: IdeasPropias.
[5] Franco, G., & Giraldo, M. J. (1999). El Cultivo de la Mora. Colombia.
[6] Giles, R. V. (1994). Mecánica de los fluidos e hidráulica. Madrid-España: McGranw-Hill.
[7] INIAP-UTA. (2007). Manual del Cultivo de la Mora de Castilla. Ambato-Ecuador: V & P Publicidad.
[8] Kuszczewski, A. (2004). Redes Industriales de Tuberías. Bombas Para Agua, Ventiladores y Compresores. Barcelona-España: REVERTE S.A.
[9] Losada, A. (2009). El Riego Fundamentos Hidráulicos. Barcelona-España: Mundi-Prensa.
[10] Mataix, C. (1986). Mecánica de fluidos y Maquinas hidráulicas. Madrid-España: Ediciones del Castillo S.A.
[11] Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. México: PEARSON EDUCACIÓN.
[12] Organización Panamericana de la Salud, O. P. S. (2005). Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. Lima-Perú.
[13] Ogata, K. (1998). Ingeniería de control moderna. México: Pearson Educación.
[14] Palomino, K. (2007). Riego por Aspersión. Lima-Perú: Macro.
[15] Saldarriaga, J. (2007). Hidráulica de Tuberías Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos. Bogotá-Colombia: Alfaomega.
[16] Tarjuelo, J. M. (2005). El riego por aspersión y su tecnología. Madrid-España: Mundi-Prensa.
[17] Sánchez, C. (2004). Sistemas de Riego. Lima-Perú: Ripalme.
[18] Tipos de riego en la agricultura. Recuperado el 17 de Julio de 2013. http://www.etceter.com/c-agricultura/p-tipos-de-riego-en-la-agricultura/
[19] Propiedades físicas del suelo. Recuperado el 17 de Octubre de 2013. http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Propiedades%20Fisica%20del%20Suelo.pdf
[20] FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2006): Evapotranspiración del cultivo. Recuperado el 24 de Julio de 2013. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s03.pdf
[21] Manual de Riego para Agricultores (2010): Modulo 3 Riego por Aspersión. Recuperado el 09 de Mayo de 2013. http://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/67124.html
[22] Senninger Irrigation (2011): Productos para riego de cobertura total. Recuperado el 14 de Noviembre de 2013. http://www.senninger.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/10/Solid-Set-Catalog-Spanish.pdf
[23] PLASTIGAMA (2008): Catálogos de división agrícola. Recuperado el 30 de Octubre de 2013. www.plastigama.com.ec
[24] LOGO! SIEMENS (2003): Manual LOGO! A5E00228594 - 01. Recuperado el 23 de Enero de 2014. http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/Logo_s.pdf
[25] Salazar René (2010): Sistemas de control - Antología y manual de prácticas. Recuperado el 16 de Enero de 2014. http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/sistemas.pdf

AUTOR



Diego Armando Guamán Guamán

Nació en Ibarra, Ecuador, el 13 de septiembre de 1986. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Nacional Teodoro Gómez de la Torre, donde obtuvo el título de Bachiller en Ciencias, especialidad Físico Matemático. Terminó sus estudios en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el año 2014.

Áreas de interés: Automatización Industrial, robótica, energías alternativas, redes industriales.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



SCIENTIFIC REPORT

TEMA:

SPRINKLING IRRIGATION SYSTEM FOR CROP BLACKBERRY CRAFT

AUTHOR: DIEGO ARMANDO GUAMÁN GUAMÁN

DIRECTOR: ING. HÉCTOR SILVA G.

IBARRA – ECUADOR

SEPTIEMBRE 2014

SPRINKLING IRRIGATION SYSTEM FOR CROP BLACKBERRY CRAFT

Diego Armando Guamán Guamán

Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

Ibarra, Ecuador

diego_arm19@hotmail.com

diego.arm19@gmail.com

Summary- The work described below is intended to provide a method for easy application and greater efficiency in irrigation work with craft farmer's blackberry. The plantation is located in the province of Imbabura, Ibarra Canton, parish Caranqui Sector San Diego neighborhood. The project promoter appropriate water management through a modernized irrigation system spraying through the integration of hydraulic, electrical and control systems that facilitate irrigation for plants. The design and implementation of the system set out below is based on agronomic parameters of blackberry crop evapotranspiration and water requirements that have this type of planting.

INTRODUCTION

In recent years has been taking a major concern due to mismanagement of water; especially in the area of irrigation, which is why today is driven by the government's use of technically advanced systems to improve irrigation efficiency to reduce the amount of water used in these tasks. Within this type of the most widespread systems are sprinkler and drip irrigation; these two methods can provide between 80 and 95% efficiency, is why any of these can be applied to both large areas of crops as small craft producers.

In our country there is a lot of small farmers engaged in handmade mulberry cultivation; especially in the inter-zone Ecuador, but, having no efficient irrigation methods most of these farmers reduce their production, especially in times of drought.

This work includes the design and implementation of a sprinkler system that meets the water needs of a growing arrears of approximately 850m2. To meet this demand the system is designed to work with water from the irrigation canal CARIYACU.

1. SPRINKLER IRRIGATION SYSTEMS

1.1. TYPES OF SPRINKLER SYSTEM

These systems can be classified in different ways, but the most convenient way may be considering installation structure; accordingly are classified as stationary and continuous scrolling.

- Stationary: They remain motionless during the irrigation period. Among these can be identified mainly fixed, semi-fixed and mobile systems.
- Continuously scrolling: They are in motion during the irrigation period. Within these you can swivel systems primarily identify, side front and rollers feed guns.

1.2. CRITERIA FOR CONSIDERATION IN THE INSTALLATION OF SPRINKLER IRRIGATION

The agronomic and hydraulic criteria are the fundamental basis for the installation of a sprinkler system, are of great importance, as they allow good implementation and a good operation.

- Agronomic criteria: It aims to provide a watering can supply the right amount of water to grow; mainly takes into account: soil type, crop, planting area, climate and water needs of the plant.
- Hydraulic Criteria: Determine the characteristics of all the elements necessary for the installation of the irrigation system. These components must provide sufficient water at all stages of plant development. In the sprinkler must also provide irrigation water as rain sufficient uniform throughout the surface of the crop.

1.3. COMPONENTS OF SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM

An important for proper operation of a sprinkler system components are factor, they must work in an appropriate way to achieve greater efficiency when applying irrigation. The main system components are as follows:

1. Source of water: Can be rivers, ponds, ditches or any other source to supply the amount of water needed for irrigation.
2. Sand trap: It is the first component to the uptake of water is intended for the removal of sand and solids that are suspended in the irrigation canals and rivers.
3. Pump set: Is the hydraulic power source which provides sufficient flow to a pressure suitable for proper operation of the sprinklers.
4. Hydraulic Filters: Serve to deliver fluid to the system free of impurities which could damage the elements of the pumping stage, also prevent blockages in hydraulic installation accessories.
5. Solenoid: Are devices designed to open and close the flow of fluid in ducts which are generally closed pipes.
6. In sprinkler irrigation systems, pipelines are the components that carry water from the pump outlet to the sprinklers.
7. Sprinklers: Are the devices responsible for the distribution of irrigation water as rain, with a high degree of uniformity and proper spray jet.
8. Programmable electronic devices: Are components that are used in irrigation methods enteched; used to control the operation of the entire system. Allows you to control watering times, hours of on or off and other functions that can be integrated programmer according to crop needs.

1.4. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF A SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM

1.4.1. ADVANTAGES OF THE SYSTEM

- The water gets too steep or hilly terrain without leveling. Besides the cost of labor is needed for the application of irrigation is reduced.
- Acreage is fail but not because you have to use part of the soil and irrigation channels; because water is piped.
- It is a form of irrigation is well suited to the early stages of crop development, where light but frequent irrigation is necessary. It can also be used to protect the crop from frost and excessive temperatures that reduce production.
- It is effective for washing of salts that are in the topsoil method.

- The risk of erosion is released into the soil as high application uniformity is achieved; water loss by deep percolation is also avoided.

1.4.2. DISADVANTAGES OF SYSTEM

- A is generated by high economic value on initial installations, depending on the type of sprinkler is installed; are also given high costs in maintenance.
- You can apply when winds occurs as water dispersion distorts generating poor irrigation uniformity.
- You can have negative effects on the leaves, flowers and fruits, as when wet the aerial part of the plants increases the risk of disease development.
- Water should be clean and without large amounts of salt, because some plants can suffer leaf burn.

2. DESIGN AND PARAMETERS OF SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM

2.1. GENERAL CONSIDERATIONS IRRIGATION SYSTEM

The project is located in the San Diego, Caranqui Parish, Canton Ibarra, Imbabura Province. It has a water potential of the canal "CARIYACU" OVALO LA ESPERANZA, with a provision of one hour per week irrigation water. The flows having this ditch are variations, but the minimum flow useful for irrigation is around 1.67 l / s. The total land area is 1222.34m2 and blackberry cultivation area (range arms) is approximately 852.36m2 texture sandy-clay soils.

2.1.1.PARAMETERS TO WATER.

First crop evapotranspiration (ETc) under standard conditions is calculated using the formula proposed by the FAO study-56, 2006.

$$ETc = ETo * Kc \qquad (1)$$

The reference evapotranspiration (ETo) is a parameter related to climate and expresses the evaporating power of the atmosphere.

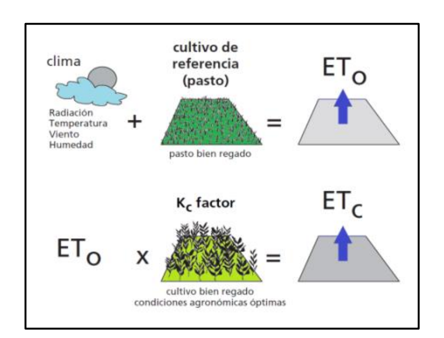


Figure 1: Crop evapotranspiration

For the calculation of ETo and Kc is performed by software CROPTWAT FAO, average meteorological yearbooks Otavalo INAMHI station and data mulberry cultivation FAO-56, 2006 study.

País: Ecuador — Estación: Otavalo
Altitud: 2550 m. — Latitud: 0.24 °N — Longitud: 78.25 °W

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	8.8	21.5	82	0.3	8.5	21.8	3.70
Febrero	8.9	21.6	81	0.4	8.5	22.6	3.86
Marzo	8.9	21.9	81	0.3	8.7	23.2	3.97
Abril	9.6	21.8	83	0.3	8.3	21.9	3.77
Mayo	8.7	22.1	81	0.3	8.9	21.6	3.65
Junio	8.2	21.1	80	0.4	8.7	20.6	3.39
Julio	7.4	21.6	77	0.5	9.4	21.8	3.57
Agosto	7.4	22.1	74	0.5	9.7	23.4	3.89
Septiembre	7.0	22.6	73	0.6	10.1	24.9	4.19
Octubre	8.4	22.8	78	0.5	9.5	24.1	4.11
Noviembre	8.7	22.3	81	0.3	9.0	22.7	3.86
Diciembre	9.4	21.7	84	0.3	8.3	21.2	3.62

Table 1: Calculation of crop evapotranspiration

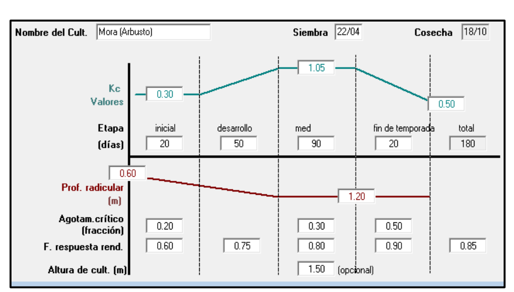


Figure 2: Curve Kc Blackberry

As the Blackberry plant (variety arms) is evergreen and has branched roots at depths between 40-50 cm, Kc equals 0.5 and evapotranspiration September with 4.19mm / day which is the most critical for the month is taken crop.

$$ETc = 2.1\ mm/dìa \qquad (2)$$

The value of ETc indicates that mulberry cultivation requires a sheet of 2.1 mm of water per day distributed uniformly in the cultivated area. This film should be provided by natural rainfall or irrigation.

2.1.1.1. CROP WATER REQUIREMENT (REQ)

It is the extra layer of water per day needed by the crop. The calculation is based on the type of irrigation employed; here is the sprinkler.

$$Req = \frac{ETc - PE}{Eficiencia} \quad (3)$$

The effective precipitation (PE) refers to the volume fraction of water used by the plant's total rainfall. To calculate the PE CROPWAT software and precipitation data from meteorological yearbooks are also used.

Estación: Otavalo — Método Prec. Ef: Método USDA S.C.

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	83.8	72.6
Febrero	84.9	73.4
Marzo	134.1	105.3
Abril	130.4	103.2
Mayo	125.1	100.1
Junio	63.0	56.6
Julio	31.0	29.5
Agosto	27.7	26.5
Septiembre	39.4	36.9
Octubre	29.4	28.0
Noviembre	133.5	105.0
Diciembre	85.6	73.9
Total	967.9	810.9

Table 2: Calculation of the effective rainfall

Like most evapotranspiration is in September, the value of effective rainfall for this month is 36.9 mm per month (1.23 mm / day).

Since a sprinkler system applies the minimum efficiency that has this type of irrigation is 70% used.

$$Req = 1.24\ litros/m^2/día \quad (4)$$

As the irrigation area is approximately 850m2, a total of 1,054 m3 / day is needed to meet the water needs of the crop.

2.1.1.2. INTERVAL IRRIGATION

As irrigation control is manual, it has three operating irrigation intervals per week available. The following table irrigation intervals and the required volume of water sample.

Interval in days	Volume interval	Volume for week	Irrigations for week
7	7.378 m^3	7.378 m^3	1
3	3.162 m^3	6.324 m^3	2
2	2.108 m^3	6.324 m^3	3

Table 3: Irrigation Intervals

2.1.1.3 RUN TIMES

Taking into account not cause damage to the plant in the flowering stage, but providing adequate irrigation at all stages of the crop: one chooses to apply a maximum time of 192 minutes for the interval of seven days, while the remaining times governing the flow is handled in this range.

Interval in days	Volume interval	Caudal (m^3/h)	Times (min.)
7	7.378 m^3	2.3	192
3	3.162 m^3	2.3	82
2	2.108 m^3	2.3	55

Table 4: Run Times

2.1.2. SELECTION OF SPRINKLER

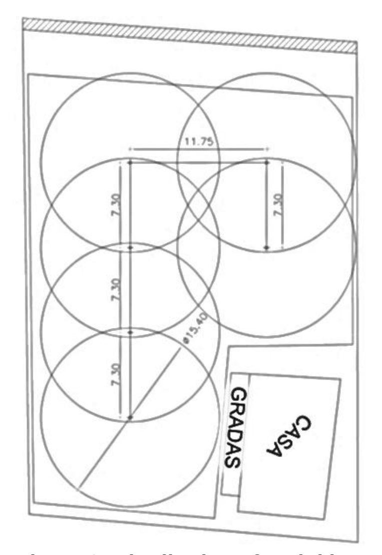


Figure 3: Distribution of sprinklers

The sprinkler used is a "CEL WOBBLER X", is suitable because they have a coverage angle of 360 degrees, and is also working at low pressures and abuse produces plants.

2.1.3. RESERVOIR TANK SIZING

For these measures take into account the required flow to fill a reservoir tank 8m3. As water is an hour each week to work with a flow rate of 8m3 / hour. To size is considered that the reservoir has a square base without cover and the thickness of the building material is neglected. To set these dimensions is based on the optimization criteria material; this involves minimizing or maximizing the value of a variable. Equation 5 shows the

representation of the total area of the tank as a function of a single variable.

$$A(x) = x^2 + 4x\left(\frac{8}{x^2}\right) = x^2 + 32x^{-1} \quad (5)$$

From this equation, the absolute minimum value is determined by applying the criteria of the first and second derivative.

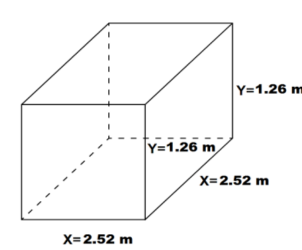


Figure 4: Dimensions of the reservoir tank

2.1.4.SIZING SAND TRAP

As the reservoir tank, the sand trap is dimensioned according to the required capacity of 8m3 / hour, also takes into account the water intake channel of 0.3 and 0.2 feet wide and high, respectively, the base (b) grit chamber will be 0.5 meters.

$$Q = V * A \quad (6)$$

$$V_0 = \frac{Q}{Ac} \quad (7)$$

Initial velocity with which the particle enters the grit chamber.

$$V_0 = \frac{0.0022 m^3/seg}{0.06\ m^2} = 0.036\ m/seg \quad (8)$$

$$L = V_0 * t \quad (9)$$

From equation 9 is the length of the scraper.

$$l = 0.037\ m/seg * 60\ seg = 2.20m \quad (10)$$

The height is calculated for a settling time of 60 seconds for better efficiency and height (h) is increased by 10% per meter of sand trap.

$$h = V_{sc} * t = 0.002 * 60 = 0.12m \quad (12)$$

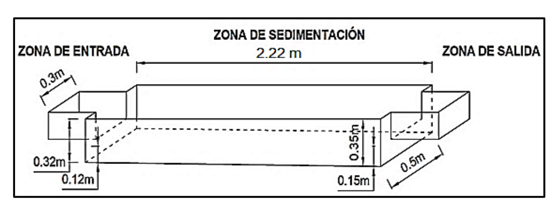


Figure 1: Dimensions of the sand trap

2.2. NETWORK DESIGN FOR DISTRIBUTION PIPE IRRIGATION WATER

For the design of the pipe network must first note is a fixed irrigation system, ie water main, secondary and sprinklers should be fixed.

2.2.1.MAIN PIPE DIAMETER

It is part of the design flow of 2.3 m3 / h (0.000639 m3 / sec). Equation 13 shows the velocity versus diameter.

$$V = \frac{0.000813}{D^2} \quad (13)$$

The following table shows the speeds that can occur with commercial pipe diameters

Nominal diameter	Nominal thickness	Inside diameter	Speed (m/seg)
20 mm	1.5 mm	0.017 mm	2.8
25 mm	1.5 mm	0.022 mm	1.68
32 mm	1.5 mm	0.029 mm	1

Table 5: Speed in commercial pipes

For reasons of reducing friction losses working with the nominal diameter of 32 mm which have a flow rate of 2.3 m3 / h with a speed of 1 m / sec.

2.2.2.PRIMARY HOME LOSSES IN PIPELINE

Occur because the fluid undergoes friction with the pipe walls. To determine these values, is performed by the general equation of primary losses Darcy - Weisbach.

$$Hrp = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \quad (14)$$

To calculate the Darcy coefficient (f) is performed with the Blasius equation. This is used in pipes considered smooth and Reynolds numbers between 3000 and 100000.

$$f = {0.316}/{Re^{0.25}} \quad (15)$$

The Reynolds number indicates whether the fluid is in laminar or turbulent flow; as this value has to be: if Re <2000, the flow is laminar if Re> 4000, the flow is turbulent and if Re is between 2000 and 4000, said the flow is in a critical region. Determined according to the following formula is used.

$$Re = \frac{VDp}{n} = \frac{VD}{v} \quad (16)$$

With such arrangements, and the speed data, the diameter, length, density and viscosity of the fluid will have the following results:

$$Re = \frac{1*0.029}{1.15*10^{-6}} = 25217.4 = 2.52174 * 10^{4} \quad (17)$$

$$f = {}^{0.316}/_{25217.4^{0.25}} = 0.025 \quad (18)$$

$$Hrp = 0.025 * \frac{31}{0.029} * \frac{1}{2*9.81} = 1.36\, m.c.a \quad (19)$$

2.2.3.HIGH LOSSES ON MAIN PIPE

These losses are due to the accessories have to produce pipes and section changes direction; for calculating the following equation is used.

$$Hrs = (Z1 + Z2 + Z3 \ldots\ldots\ldots..Zn)\frac{V^2}{2g} \quad (20)$$

Accessory	Amount	Factor Z	Factor *f*
Footvalve	1	75*f*	0.025
Solenoid	2	340*f*	0.025
90^0 Elbow	5	30*f*	0.025
Teas	2	60*f*	0.025
union	5	0.08	-
Filter discs	1	0.60 psi =0.42 m.c.a	

Table 6: Accessories for the mainline

$$\boldsymbol{Hrs = (26) * 0.051 + 0.42 = 1.74\, m.c.a}$$
(21)

2.2.4.FLOW INTENSITIES IN THE SECONDARY PIPING

For calculating the flow rate of the branches is based on Hardy Cross method for parallel piping networks.

$$\Delta = -\frac{\Sigma(LH)}{n\Sigma(LH/Q_0)} \quad (22)$$

First iteration						
L (m)	Q_0 (lt/s)	S supuesto	LH (m)	LH/Q_0	Δ (lt/s)	Q_i (lt/s)
22.7	0.30	0.12	2.72	8.99	-0.02	0.27
18.2	-0.33	0.11	-2.00	5.97	-0.02	-0.36
	∑=0.63		∑=0.71	∑=14.9		∑=0.63
$\Delta = -\frac{0.7165}{(1.85)(14.96)} = -0.0259$ $Q_{i1} = 0.303 - 0.0259 = 0.2771$ $Q_{i2} = -0.336 - 0.0259 = -0.3619$						
Second iteration						
L (m)	Q_0 (lt/s)	S supuesto	LH (m)	LH/Q_0	Δ (lt/s)	Q_i (lt/s)
22.7	0.27	0.14	3.17	11.46	-0.002	0.27
18.2	-0.36	0.17	-3.10	8.57	-0.002	-0.36
	∑=0.63		∑=0.07	∑=20.04		∑=0.63
$\Delta = -\frac{0.0755}{(1.85)(20.042)} = -0.00204$ $Q_{i1} = 0.2771 - 0.00204 = 0.27506$ $Q_{i2} = -0.3619 - 0.00204 = -0.36394$						
Third iteration						
L (m)	Q_0 (lt/s)	S supuesto	LH (m)	LH/Q_0	Δ (lt/s)	Q_i (lt/s)
22.7	0.275	0.14	3.17	11.55	-0.002	0.275
18.2	-0.363	0.17	-3.17	8.72	-0.002	-0.363
	∑=0.63		∑=0.001	∑=20.28		∑=0.63
$\Delta = -\frac{0.001}{(1.85)(20.283)} = -0.0000266$ $Q_{i1} = 0.27506 - 0.0000266 = 0.2750334$ $Q_{i2} = -0.36394 - 0.0000266 = -0.363966$						

Table 7: Flow rates in the secondary pipe

The flows circulating in the secondary pipe are the values of the third iteration

$$Q_1 = 0.275 \quad (23)$$

$$Q_2 = 0.364 \quad (24)$$

2.2.5.DIAMETER PIPE HIGH

These are calculated in the same manner as was calculated in the main pipe, but the flow rates found for each branch.

Branch 1: $V = \frac{0.000350}{D^2}$ (25)

Branch 2: $V = \frac{0.000463}{D^2}$ (26)

nominal diameter	nominal thickness	inside diameter	Gears (m/seg)
20 mm	1.5 mm	0.017 mm	1.21 - 1.60
25 mm	1.5 mm	0.022 mm	0.72 - 1.00
32 mm	1.5 mm	0.029 mm	0.42 - 0.50

Table 8: Speeds for secondary pipe

To keep the speed of the main pipe and whereas the two arms of equal diameter; 25mm diameter will work.

2.2.6.PRIMARY SECONDARY LOSSES IN PIPES

Are based on the Hazen-Williams

$$V = 0.85 * C * R^{0.63} * S^{0.54} \quad (27)$$

From Equation 27, the following expression is cleared:

$$Hrp = L\left[\frac{Q}{0.85*A*C*R^{0.63}}\right]^{1.852} \quad (28)$$

Branch 1: $Hrp = 0.68\ m.c.a$ (29)

Branch 2: $Hrp = 1\ m.c.a.$ (30)

2.2.7.HIGH LOSSES IN PIPE INDUSTRIES

Is calculated from Equation 20, but with attachments which each branch.

Branch 1			
Accessory	**Amount**	**Factor Z**	**Factor *f***
90^0 Elbow	5	30*f*	0.0292
Teas	2	60*f*	0.0292
Union	3	0.08	
Reduction	1	0.10	
Branch 2			
Accessory	**Amount**	**Factor Z**	**Factor *f***
90^0 Elbow	1	30*f*	0.0269
Teas	2	60*f*	0.0269
Union	3	0.08	
Reduction	1	0.10	

Table 9: Accessories secondary piping

$$Hrs(branch\ 1) = 0.22\ m.c.a \quad (31)$$

$$Hrs(branch\ 2) = 0.22\ m.c.a \quad (32)$$

$$Hrs(total) = 0.44\ m.c.a \quad (33)$$

2.2.8. CALCULATION OF PIPE THICKNESS

To calculate the thickness using Equation 34 indicates that the thickness should have the pipeline**.**

$$e \geq \frac{P*D}{230*K*Z+P} + C \quad (34)$$

For both the main branch line and the result is obtained:

$$e \geq 1.00mm \quad (35)$$

Here for commercial pipes are suitable to work in the system.

2.3. PUMPING SYSTEM DESIGN

For the selection of the pump has to the total head of the system is 24.22mca and requires a flow rate of 2.3 m3 / h.

$$Pb = \frac{Qb*Hb}{76*n} \quad (36)$$

$$Pb = \frac{0.639*24.22}{76*0.70} = 0.3\ HP \quad (37)$$

2.4. DESIGN OF WATER LEVEL CONTROL OF IRRIGATION

It is based on sensors installed in the float type level tank.

Name	Height	Area	Volume	Time
Sensor 4	1.25 m	6.3 m^2	7.87 m^3	7 days
Sensor 3	0.60 m	6.3 m^2	3.78 m^3	3 days
Sensor 2	0.40 m	6.3 m^2	2.53 m^3	2 days
Sensor 1	0.00 m	6.3 m^2	0 m^3	-

Table 10: Volumes of water counted

2.5. SELECTION OF ELECTRONIC PROGRAMMABLE.

As best choice you choose to work with a programmable logic relay (PLR) which is similar to a PLC, but in a smaller range. This device is responsible for activating or not the time selected by the user; this depends on the water level in the tank has.

The functions of the PLR in the irrigation system are based on an open loop control. It is regarded as open loop, because it works in terms of time.

3 DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM

3.1. GENERAL OPERATING SYSTEM

The system works by irrigation times and areas defined by user. The selection of these variables depends on the level of water you have, for this, the three sensors in the tank is used to determine the time that can be selected. Furthermore, the sensor has low water level when this signal stops the system has to ensure the safety of the components of the pumping stage.

3.2. PROGRAMMABLE ELECTRONIC PROGRAMMING

As a PLR, one of the most common used is the LOGO! Siemens. So this is the device used; is of type 12/24 RC and also incorporate the necessary modules for programming all parameters of irrigation.

3.2.1. PROGRAM PARAMETERS

- Phase switch: takes into account the state of the sensor at the zero level of the tank and see if the emergency stop is activated. If the sensor does not send any signal or the emergency stop is activated, the system will not turn on.
- Signal level sensors: depending on this you can set the watering time, otherwise an error output is activated. It is also considered the status of the emergency stop button; If enabled all system functions are suspended. To set another condition, you must disable the emergency stop and the system must be switched back to run another run time.

3.3. CONTROL BOARD OF SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM

The control panel is part of interface, using pushbuttons between the irrigation system and the user, allows the activation or termination of irrigation and indicates the parameters that are running through visual indicators. Also charged is responsible for connecting devices, control (PLR and modules), switching and protection. These two are responsible for the control circuit of the system and allow proper operation of the electrical part.

3.4. INSTALLATION OF SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM

The installation of the sprinkler system is done according to the following description.

• Construction of civil works

• Installation of hydraulic components

• Installing the Control System

4. TESTS AND ADJUSTMENTS OF SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM

The testing and system settings are performed to verify proper operation and put in the parameters of the hydraulic design and control. The parameters are checked and adjusted are:

• Pressure at the pump

• Pressure in the sprinklers

• Volume Spray

• Rated operational current

• Parameters of the control program

5. IMPLEMENTATION COSTS

The implementation cost analysis is performed to determine the feasibility of implementing the sprinkler system. For correct analysis is divided into direct and indirect costs.

5.1. DIRECT AND INDIRECT COSTS

Detail	Value (USD)
Cost of materials for civil works	470.75
Cost of hydraulic material	349.25
Cost of electrical equipment	680.39
Cost of labor	500.00
Cost of various materials	49.25
TOTAL	**2049.64**

Table 11: Total Direct Cost

Detail	Months	Value / U (USD)	Subtotal (USD)
Agua	1	6.00	6.00
Luz	3	3.00	9.00
Teléfono	5	2.00	10.00
Asesorías	1	15.00	15.00
		TOTAL	**40.00**

Table 12: Total cost indirect

5.2. TOTAL PROJECT COSTS

Detail	Value (USD)
Direct Project Costs	2049.64
Indirect Project Cost	40.00
TOTAL	**2089.64**

Table 13: Total Project Cost

5.3. RECOVERY TIME INVESTMENT

It is made according to the analysis of production of furrow irrigation and spraying in 2013 and 2014 respectively.

Detail	Annual Net Profit
Furrow irrigation	2061.00 USD
Sprinkling	3127.26 USD
Additional Gain	**1066.26 USD**

Table 14: Utilities with two methods of irrigation

$ 260.61 Gain	1 mes
$ 2089.64 Cost of installation	8.01 meses
Time Payback = 8 months	

Table 15: Period Payback

5.4. REASON BENEFIT – COST

$$\frac{Feneficio}{Costo} > 1 \ (acceptable\ project) \quad (38)$$

$$\frac{3127.26}{2089.64} = 1.5 > 1 \quad (39)$$

As the reason benefit - cost is greater than unity, the project is acceptable because it means that the benefit is $ 1.5 for every dollar invested.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

CONCLUSIONS

• This paper is a modernized irrigation system spraying, this offers farmers an optimization of irrigation water, reducing the labor employed and improving income for the owner.

• When the system is in operation lets you apply a sheet of water suitable for the cultivation of mulberry, depending on the selected time, the farmer will know the time interval following application of irrigation.

• The operation of the system is very simple for the operator to be a modernized system should only press the buttons control and irrigation were running; Shutdown is automatic so the time spent is very short compared with furrow irrigation previously used.

• Since the area is not too large irrigation works with low pressure sprinklers. When working with this type of sprinkler is able to reduce costs, especially in the pumping stage, getting adequate range spray.

• The introduction of programmable devices in the field of agriculture creates great advantages, then, they can be programmed run times according to crop needs.

• Tests show the system is very reliable, this is because the whole system operation is based on the program that runs on the programmable relay LOGO!

• Costs that are generated in the irrigation technology involve high initial investment, but depending on the cost benefit analysis is a long-term investment because it increases the production of blackberries especially in dry seasons, this allows cost recovery starting at an appropriate time for the farmer.

RECOMMENDATIONS

• The design of this system was implemented based on the characteristics of mulberry cultivation. For application on other crops will be necessary to redesign the system based on the conditions required for the same.

• It is recommended to promote and train about technically advanced irrigation systems, particularly in cultures where artisanal inefficient irrigation methods that generate a waste water takes place.

• For proper operation of the system is advised to follow the instructions given in the user manual provided in Annex 1.

• Before installing any type of irrigation technology should make an agronomic study, this serves to determine the amount of water and type of irrigation in cultivation.

• You must install the necessary components to make the system work technicized excellent shape. As methods that work with water from ditches that carry sediment; you must install the necessary filters to clean and do not damage the system components.

• For good efficiency in sprinkler irrigation systems is recommended to program during the last hours of the afternoon or evening, thus water loss by evaporation or by wind distortion is avoided.

• As technically advanced irrigation systems involve various areas such as agriculture, hydraulic, electrical and control, should have a sound knowledge advice to apply when executing the design.

REFERENCES

[1] Balairón, L. (2008). Tuberías de Polietileno. Manual técnico. Madrid-España: AENOR.

[2] Bonilla, J. L., & Hidrobo, F. O. (2011). “Diseño de un sistema de turbobombéo y riego por aspersión en la Comunidad de San Francisco de Cunuguachay”. Riobamba-Ecuador: Tesis de Grado, FACULTAD DE MECÁNICA – ESPOCH

[3] Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones. México: McGraw-Hill.

[4] Fernández, P., & Fernández, N. (2003). Montaje e instalación de cuadros de maniobra y control. España: IdeasPropias.

[5] Franco, G., & Giraldo, M. J. (1999). El Cultivo de la Mora. Colombia.

[6] Giles, R. V. (1994). Mecánica de los fluidos e hidráulica. Madrid-España: McGranw-Hill.

[7] INIAP-UTA. (2007). Manual del Cultivo de la Mora de Castilla. Ambato-Ecuador: V & P Publicidad.

[8] Kuszczewski, A. (2004). Redes Industriales de Tuberías. Bombas Para Agua, Ventiladores y Compresores. Barcelona-España: REVERTE S.A.

[9] Losada, A. (2009). El Riego Fundamentos Hidráulicos. Barcelona-España: Mundi-Prensa.

[10] Mataix, C. (1986). Mecánica de fluidos y Maquinas hidráulicas. Madrid-España: Ediciones del Castillo S.A.

[11] Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. México: PEARSON EDUCACIÓN.

[12] Organización Panamericana de la Salud, O. P. S. (2005). Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. Lima-Perú.

[13] Ogata, K. (1998). Ingeniería de control moderna. México: Pearson Educación.

[14] Palomino, K. (2007). Riego por Aspersión. Lima-Perú: Macro.

[15] Saldarriaga, J. (2007). Hidráulica de Tuberías Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos. Bogotá-Colombia: Alfaomega.

[16] Tarjuelo, J. M. (2005). El riego por aspersión y su tecnología. Madrid-España: Mundi-Prensa.

[17] Sánchez, C. (2004). Sistemas de Riego. Lima-Perú: Ripalme.

[18] Tipos de riego en la agricultura. Recuperado el 17 de Julio de 2013. http://www.etceter.com/c-agricultura/p-tipos-de-riego-en-la-agricultura/

[19] Propiedades físicas del suelo. Recuperado el 17 de Octubre de 2013. http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Propiedades%20Fisica%20del%20Suelo.pdf

[20] FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2006): Evapotranspiración del cultivo. Recuperado el 24 de Julio de 2013. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s03.pdf

[21] Manual de Riego para Agricultores (2010): Modulo 3 Riego por Aspersión. Recuperado el 09 de Mayo de 2013. http://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/67124.html

[22] Senninger Irrigation (2011): Productos para riego de cobertura total. Recuperado el 14 de Noviembre de 2013. http://www.senninger.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/10/Solid-Set-Catalog-Spanish.pdf

[23] PLASTIGAMA (2008): Catálogos de división agrícola. Recuperado el 30 de Octubre de 2013. www.plastigama.com.ec

[24] LOGO! SIEMENS (2003): Manual LOGO! A5E00228594 - 01. Recuperado el 23 de Enero de 2014. http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/Logo_s.pdf

[25] Salazar René (2010): Sistemas de control - Antología y manual de prácticas. Recuperado el 16 de Enero de 2014. http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/sistemas.pdf

AUTOR



Diego Armando Guamán Guamán

Born in Ibarra, Ecuador, on 13 September 1986. He completed his secondary education at the College National Teodoro Gomez de la Torre, where he earned a Bachelor of Science, Mathematical Physics specialty. He finished his studies at the Technical University in Northern Engineering in Mechatronics in 2014.

Areas of interest: Industrial automation, robotics, alternative energy, industrial networks.